

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2003年 4月11日

出 願 番 号
Application Number:

特願2003-107677

[ST.10/C]:

[JP 2003-107677]

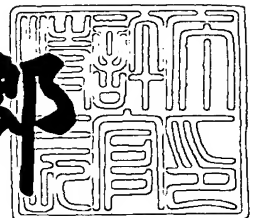
出 願 人
Applicant(s):

三菱電機株式会社

2003年 5月 6日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3033062

【書類名】 特許願

【整理番号】 544621JP01

【提出日】 平成15年 4月11日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 29/47
H01L 31/07
H01L 31/108

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会
社内

【氏名】 石川 智広

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会
社内

【氏名】 上野 雅史

【特許出願人】

【識別番号】 000006013

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

【氏名又は名称】 三菱電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100086405

【弁理士】

【氏名又は名称】 河宮 治

【選任した代理人】

【識別番号】 100098280

【弁理士】

【氏名又は名称】 石野 正弘

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 163028

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 熱型赤外線検出器及び赤外線フォーカルプレーンアレイ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に、赤外線吸収による温度変化に応じて電気特性が変化する温度センサと、前記温度センサを断熱的に支持すると共に前記温度センサから電気信号を読み出す配線となる断熱支持脚と、前記温度センサに熱的に接触して形成された赤外線吸収層を備えた熱型赤外線検出器であって、前記温度センサと前記断熱支持脚と前記赤外線吸収層とが、互いに空間的に分離した異なる平面内に形成されていることを特徴とする熱型赤外線検出器。

【請求項 2】 前記温度センサと前記赤外線吸収層が、赤外線の入射方向から見て、前記断熱支持脚と重なる領域にも形成されたことを特徴とする請求項 1 に記載の熱型赤外線検出器。

【請求項 3】 前記温度センサと前記赤外線吸収層が、赤外線の入射方向から見て、前記断熱支持脚の略全面を覆う領域に形成されたことを特徴とする請求項 2 に記載の熱型赤外線検出器。

【請求項 4】 赤外線の入射方向から見て、前記赤外線吸収層、前記断熱支持脚、前記温度センサの順序で形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の熱型赤外線検出器。

【請求項 5】 前記温度センサが、単一又は直列接続した複数のダイオードを備えたことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の熱型赤外線検出器。

【請求項 6】 前記温度センサが、トランジスタを備えることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の熱型赤外線検出器。

【請求項 7】 前記基板が単結晶シリコンから成り、前記温度センサが、前記基板上に絶縁薄膜を介して形成された単結晶シリコン薄膜に形成されたことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の熱型赤外線検出器。

【請求項 8】 前記温度センサの下方にある基板の一部が除去されたことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の熱型赤外線検出器。

【請求項 9】 前記温度センサが、抵抗ボロメータで構成されたことを特徴

とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の熱型赤外線検出器。

【請求項 1 0】 基板上に、温度変化に応じて電気特性が変化する温度センサを形成する工程と、

前記温度センサを覆い、かつ、前記基板と一部が接触した第 1 犠牲層を形成する工程と、

前記第 1 犠牲層を部分的に除去して、前記温度センサの一部を露出させる工程と、

前記第 1 犠牲層の上に、該第 1 犠牲層から露出した温度センサに電気接続するように配線層を形成する工程と、

前記配線層を覆い、かつ、前記第 1 犠牲層と一部が接触した第 2 犠牲層を形成する工程と、

前記第 2 犠牲層と前記第 1 犠牲層を部分的に除去して貫通孔を形成する工程と、

前記第 2 犠牲層の上に、前記貫通孔を通じて前記温度センサに直接又は絶縁層を介して接続した赤外線吸収層を形成する工程と、

前記第 2 犠牲層、前記第 1 犠牲層、及び前記温度センサ下方の前記基板の一部を除去する工程と、

を備えた熱型赤外線検出器の製造方法。

【請求項 1 1】 基板上に、第 1 犠牲層を形成する工程と、

前記第 1 犠牲層の上に温度変化に応じて電気特性が変化する温度センサを形成する工程と、

前記温度センサを覆い、かつ、前記第 1 犠牲層と一部が接触した第 2 犠牲層を形成する工程と、

前記第 2 犠牲層を部分的に除去して、前記温度センサの一部を露出させる工程と、

前記第 2 犠牲層の上に、該第 2 犠牲層から露出した温度センサに電気接続するように配線層を形成する工程と、

前記配線層を覆い、かつ、前記第 2 犠牲層と一部が接触した第 3 犠牲層を形成する工程と、

前記第 3 犠牲層と前記第 2 犠牲層を部分的に除去して貫通孔を形成する工程と

前記第 3 犠牲層の上に、前記貫通孔を通じて前記温度センサに直接又は絶縁層を介して接続した赤外線吸収層を形成する工程と、

前記第 3 犠牲層、前記第 2 犠牲層、及び前記第 1 犠牲層を除去する工程と、
を備えた熱型赤外線検出器の製造方法。

【請求項 1 2】 請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載された熱型赤外線検出器を 2 次元に配列して形成された赤外線フォーカルプレーンアレイ。

【請求項 1 3】 請求項 5 に記載された熱型赤外線検出器を 2 次元に配列して形成された赤外線フォーカルプレーンアレイであって、

前記ダイオードに順バイアス状態で一定電流を流し、赤外線の量に応じて発生するダイオード両端電圧の変化を画像信号として検出することを特徴とする赤外線フォーカルプレーンアレイ。

【請求項 1 4】 さらに、前記熱型赤外線検出器と同等の温度－電圧特性を有し、入射した赤外線によっては実質的に温度が変化しない参照用温度センサと

前記熱型赤外線検出器からの信号電圧と前記参照用温度センサからの信号電圧の差分を入力する差動入力装置を備えたことを特徴とする請求項 1 3 に記載の赤外線フォーカルプレーンアレイ。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、赤外線を熱に変換して検出する熱型赤外線検出器と該センサを 2 次元に配列して成る赤外線フォーカルプレーンアレイに関し、特に、高感度かつ低雑音な赤外線検出が可能な熱型赤外線検出器の構造に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

赤外線フォーカルプレーンアレイは、人間の視覚を刺激しない物を見ることができ、また対象物の温度を遠方から非接触で瞬時に測定できるという特徴を備え

ており、製造ラインの計測・制御や医療・診断装置、人の検知装置など幅広い産業分野において多種多様な形で使用されている。一般的な赤外線フォーカルプレーンアレイは、2次元マトリックス状に配列された赤外線検出器と、その周囲に形成された検出器の信号を読み出すための信号読出し回路より成る。

【0003】

赤外線フォーカルプレーンアレイに用いる赤外線検出器は、その原理により、赤外線の光子としての作用を利用する量子型と、赤外線の熱作用を利用する熱型に大別することができる。量子型は、高感度、高速応答という利点を有するが、検出器をマイナス200℃前後に冷却する必要があるため装置が複雑で高価となる。一方、熱型は、応答速度は劣るが冷却不要で常温動作可能である。このため、汎用用途においては熱型赤外線検出器を用いた赤外線フォーカルプレーンアレイが主流となっている。

【0004】

熱型赤外線検出器では、物体から放射される赤外線の吸収によって生じた温度変化を、温度によって電気特性が変化する温度センサによって電気信号に変換する。これまで開発された熱型赤外線検出器として、温度に応じて抵抗値が変わる抵抗体（＝抵抗ボロメータ膜）を温度センサとして用いたものや（例えば、特許文献1～3）、ダイオードやトランジスタ等の半導体素子を温度センサとして用いたもの（例えば、特許文献4～6、非特許文献1）がある。これらの熱型赤外線検出器は、単結晶シリコン等の半導体基板上に作製することができるため、検出器と信号読出し回路を半導体ラインで同時に形成できる形成できるという利点がある。

【0005】

ボロメータ膜を温度センサに用いた一般的な熱型赤外線検出器では、温度センサとなるボロメータ膜が、高い熱抵抗を持つ薄膜支持脚で基板上方に持ち上げられたブリッジ構造になっている（例えば、特許文献1のFig. 1、特許文献2の図2等）。ボロメータ膜は、支持脚によって基板から断熱されると共に、支持脚中にある配線を通じてブリッジ下方の基板に形成された信号み出し回路と電氣的に結合されている。このため、赤外線が入射するとボロメータ膜に温度変化が

起こり、温度の変化によるボロメータ膜の抵抗変化を電圧または電流の変化として出力することができる。

【0006】

ダイオードやトランジスタ等の半導体素子を温度センサに用いた熱方赤外線検出器として、半導体基板の上に成長した多結晶シリコン膜にダイオード等を形成したものや（例えば、特許文献4）、SOI基板の単結晶シリコン薄膜にダイオード等を形成したものが知られている（例えば、非特許文献1）。いずれの場合も、信号読み出し回路と温度センサを通常の半導体プロセスで同時に形成できるため、高い歩留りで、量産に適した赤外線検出器を作ることができる。

【0007】

多結晶シリコン膜にダイオード等の温度センサを形成する場合、ボロメータ型と同様に、温度センサとなるダイオード等が高い熱抵抗を持つ支持脚で基板上方に持ち上げられたブリッジ構造になっている（例えば、特許文献4、Fig. 1参照）。SOI基板の単結晶薄膜にダイオード等の温度センサを形成する場合、温度センサは、絶縁薄膜の下方にある基板の一部をくり抜いて形成された支持脚によって支えられた構造になっている（非特許文献1、Fig. 2参照）。

【0008】

これらの熱型赤外線検出器を画素として2次元に配列した赤外線フォーカルプレーンアレイでは、赤外線検出器一つ一つの大きさが限られるため、画素面積（＝個々の赤外線検出器の面積）に占める赤外線吸収領域の面積比である開口率をできるだけ大きく取ることが高感度化につながる。一方、赤外線に対する感度を高めるためには、温度センサの断熱性を高めるために支持脚を長くする必要もある。このため、支持脚の長さを確保したまま、開口率を高めることにより、熱型赤外線検出器を高感度化する方法が種々検討されている。

【0009】

例えば、特許文献3では、ボロメータ膜と赤外線吸収膜を一体として広い領域に形成し、その下部に高い熱抵抗を持つ薄膜支持脚が形成された2層構造となっている。この構造は、支持脚を通常よりも長くしながら、開口率も同時に確保できるため、温度センサとしてボロメータ膜を積層するタイプでは効果的である。

【 0 0 1 0 】

特許文献 5 や特許文献 6 では、温度センサとなるダイオードに熱的に接続した赤外線吸収膜を設け、赤外線吸収膜が支持脚の上方に傘状に張り出した構造とすることによって、赤外線検出器の開口率を高めている（特許文献 5、Fig. 1、特許文献 6、図 1 参照）。

【 0 0 1 1 】

特許文献 7 では、温度センサと支持脚の下方に広面積の凹面鏡を設け、凹面鏡で反射した赤外線を温度センサに集めることによって実質的に開口率を高めている（特許文献 7、Fig. 2 及び Fig. 3 参照）。

【 0 0 1 2 】

【特許文献 1】 米国特許第 5, 2 8 6, 9 7 6 号明細書

【特許文献 2】 特開平 5 - 2 0 6 5 2 6 号公報

【特許文献 3】 米国特許第 6, 1 4 4, 0 3 0 号明細書

【特許文献 4】 米国特許第 5, 9 7 7, 6 0 3 号明細書

【特許文献 5】 米国特許第 6, 4 6 5, 7 8 4 号明細書

【特許文献 6】 特開平 2 0 0 0 - 3 2 1 5 5 号公報

【特許文献 7】 米国特許第 5, 7 6 0, 3 9 8 号明細書

【非特許文献 1】 T.Ishikawa, M. Ueno, K.Endo, Y. Nakaki, 「従来のシリコン IC プロセスを用いた低コスト 3 2 0 × 2 4 0 非冷却 I R F P A」, Part of the SPIE Conference on Infrared Technology and Applications XXV, 米国, 1999 年 4 月, SPIE Vol. 3698, pp.556-564

【 0 0 1 3 】

【解決しようとする課題】

しかしながら、赤外線フォーカルプレーンアレイの多画素化およびカメラコストの低減という要求に伴い、赤外線フォーカルプレーンアレイの画素を構成する熱型赤外線検出器の大きさを一層小さくすることが求められている。熱型赤外線検出器の大きさが小さくなると、開口率の確保だけでなく、低雑音化のために温度センサ自身の体積（面積）を確保することが重要になる。これは、次のような理由による。

【0014】

赤外線検出器の特性は、信号と雑音の比（S/N比）で決まる。雑音はボロメータの場合にはジョンソン雑音、ダイオードの場合にはショット雑音という物性で決まる成分と、 $1/f$ 雑音のような構造や形成プロセスの方法によって変わる成分がある。 $1/f$ 雑音の原因は、温度センサ内に生じたキャリア捕獲準位によってキャリアの捕獲と放出が不規則に起こり、電流となるキャリア数が時間変動を起す点にある。このため $1/f$ 雑音は、キャリア捕獲準位がある部分の体積、一般的には温度センサの全体積と相関があり、温度センサができるだけ大きな体積を持つ方が $1/f$ 雑音を小さくすることができる。即ち、温度センサの体積を大きくするとキャリアの捕獲・放出の数も増えるが、それらの変動が互いに平均化されるため $1/f$ 雑音を低減することが可能となる。

【0015】

ところが、特許文献5乃至7に記載されたような、赤外線吸収膜や反射鏡を設けて開口率を高めた構造では、温度センサと支持脚が同一平面上にあるため、断熱性を高めるために支持脚の長さを確保すると、温度センサの面積が確保できず低雑音化が難しい。また逆に、温度センサの面積を確保すると、支持脚の長さを確保することが難しくなり、高熱抵抗構造が得られずにセンサが高感度化できない。

【0016】

また、特許文献3に記載されたように、支持脚の上方にボロメータ膜から成る温度センサを積層した2層構造は、高温処理を必要とする温度センサに適用することができない。即ち、下層にある支持脚から基板にかけてアルミニウム等の金属配線が形成されるため、上層にある温度センサの形成プロセス中における熱処理温度は金属配線に許容される温度（アルミニウムの場合約500℃）を超えることができない。このため、製造過程で高温処理が必要な温度センサが使えないだけでなく、高温の熱処理による効果、例えば電気特性の安定化や電氣的接触部で発生する雑音の抑制といった効果を享受できないといった問題も生じる。

【0017】

また、非特許文献1のようにSOI基板等を用いて信号読み出し回路と同時に

温度センサを作る場合、必然的に温度センサが下層に形成されることになる。このため、特許文献3に記載されたような2層構造は適用できず、温度センサの面積と支持脚の長さを同時に確保することが難しくなる。

【0018】

本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであり、高感度かつ低雑音な新規な構造の熱型赤外線検出器、及びそれを用いた赤外線フォーカルプレーンアレイを提供することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために本発明の熱型赤外線検出器は、基板上に、赤外線吸収による温度変化に応じて電気特性が変化する温度センサと、前記温度センサを断熱的に支持すると共に前記温度センサから電気信号を読み出す配線となる断熱支持脚と、前記温度センサに熱的に接触して形成された赤外線吸収層を備えた熱型赤外線検出器であって、前記温度センサと前記断熱支持脚と前記赤外線吸収層とが、互いに空間的に分離した異なる平面内に形成されていることを特徴とする。

【0020】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。図中、同一又は対応する部材については同一の符号を用いている。

実施の形態1

図1は、本発明の実施形態1に係る熱型赤外線検出器を示す斜視図、図2はその断面を模式的に示す模式断面図である。熱型赤外線検出器10は、単結晶シリコンから成る基板105上に、赤外線吸収による温度変化に応じて電気特性が変化する温度センサ103と、温度センサ103を断熱的に支持すると共に温度センサ103から電気信号を読み出す配線となる2本の断熱支持脚102と、支持柱104を介して温度センサ103に熱的に接触した赤外線吸収部101が形成されている。また、温度センサ103の下方にある基板105が除去され、温度センサ103を基板105から断熱するための空洞107が形成されている。

【 0 0 2 1 】

また、熱型赤外線検出器 1 0 は、赤外線の入射方向から見て、赤外線吸収部 1 0 1、断熱支持脚 1 0 2、温度センサ 1 0 3 の順序で 3 層構造に積層されており、互いに空間的に分離した異なる平面内に形成されている。即ち、赤外線吸収部 1 0 1 と断熱支持脚 1 0 2 の間、及び断熱支持脚 1 0 2 と温度センサ 1 0 3 の間には、互いに熱分離をするための空洞が形成されている。また、赤外線吸収部 1 0 1 と温度センサ 1 0 3 は、平面状の赤外線吸収部 1 0 1 の一部を凹状に変形させて成る支持柱 1 0 4 によって熱的に接続している。一方、2 本の断熱支持脚 1 0 2 は、各々、その末端に形成した接続部 1 0 2 a において温度センサ 1 0 3 と電氣的に接続している。

【 0 0 2 2 】

尚、本件明細書において、2 つの部材が「熱的に」接続しているとは、2 つの部材が直接又は熱伝導性物質を介して接触している状態を指す。また、2 つの部材が「電氣的に」接続しているとは、2 つの部材に含まれる導電材料同士が、直接又は導電性物質を介して接触している状態を指す。

【 0 0 2 3 】

基板 1 0 5 の上方から入射した赤外線は、最上層にある赤外線吸収部 1 0 1 によって吸収され、その吸収によって生じた熱が支持柱 1 0 4 を介して温度センサ 1 0 3 に伝達される。そして、温度センサ 1 0 3 の温度変化による電気特性の変化が、断熱支持脚 1 0 2 内の金属配線 3 0 7 を通じてシリコン基板 1 0 5 に形成した信号読出し回路によって読み出される。

【 0 0 2 4 】

本発明に係る熱型赤外線検出器 1 0 によれば、各領域が独立して最大の面積を確保することができるため、赤外線の吸収面積を決める開口率を高め、熱抵抗を決める支持脚長を長くすると同時に、温度センサの面積を広げて $1/f$ 雑音を低減することが可能である。従って、高感度化、低雑音化が可能になり、赤外線の検出性能を飛躍的に向上させることができる。

【 0 0 2 5 】

即ち、熱型赤外線検出器 1 0 では、読み出される信号の S/N 比ができるだけ

高くなるように、赤外線吸収部 101、断熱支持脚 102 及び温度センサ 103 を形成することができる。例えば、温度センサ 103 と赤外線吸収部 101 は、赤外線の入射方向から見て、断熱支持脚 102 と重なる領域にも形成することが好ましく、断熱支持脚 102 の略全面を覆うように広く形成することが一層好ましい。また、断熱支持脚 102 自身も、支持脚長が伸びるように広い領域に渡って形成されていることが好ましい。

【0026】

本実施の形態では、赤外線吸収部 101 は、赤外線の吸収面積を決める開口率が最大限となるように、熱型赤外線検出器 10 のほぼ全面に形成されている。また、断熱支持脚 102 は、熱抵抗を決める支持脚長ができるだけ長くなるように、熱型赤外線検出器 10 のほぼ全面に渡って延在している。即ち、断熱支持脚 102 は、薄膜でかつ同一層に温度センサ 103 や赤外線吸収部 101 がいないため幾度も折り返すことができ、非常に高い熱抵抗を得ることができる。そして、温度センサ 103 も、断熱支持脚 102 や赤外線吸収部 101 とは独立に大面積を確保する。温度センサ 103 を熱型赤外線検出器 10 のほぼ全面に渡って形成することにより、温度センサ 103 内のキャリア捕獲準位によるキャリア数の変動を平均化して、 $1/f$ 雑音を低減することができる。尚、本実施の形態において、温度センサ 103 と赤外線吸収膜 101 の面積は略等しくなっている。

【0027】

このように、熱型赤外線検出器 10 では、熱型赤外線検出器のサイズが小型化した場合であっても、 S/N 比を高く維持することができる。このため、本発明は、赤外線検出器が 2 次元状に集積化され、個々の検出器面積が限られる赤外線フォーカルプレーンアレイのような場合には特に効果的である。

【0028】

また、本発明によれば、赤外線吸収層、温度センサ、及び支持脚の形状やプロセス条件を各々の独立に最適化できるため、製造プロセス、構造設計の自由度が高くなる。例えば、基板 105 上に温度センサ 103 を形成し、高温の熱処理を行って温度センサ 103 の電気特性を向上した後に、金属配線を含む断熱支持脚 102 や赤外線吸収部 101 を形成することができる。高温熱処理は温度センサ

の材料選定の幅が広がるだけでなく、特性の安定化や良好な電氣的コンタクト特性が得られるといったメリットもある。またシリコンにドーパントを注入してつくるダイオードやトランジスタには500℃を超える高温熱処理が必ず必要である。さらに、本発明によれば、赤外線フォーカルプレーンアレイを構成する場合に、SOI基板を用いて温度センサ103と信号読出し回路を同時に形成することもできる。

【0029】

次に、熱型赤外線検出器の各構成部材について詳細に説明する。

赤外線吸収部101は、赤外線吸収膜309を外部環境から保護する共に機械強度を高めて自立させるための絶縁保護膜とから成る。赤外線吸収膜309は、赤外線の吸収率が高い材料であれば良く、金属、金属化合物、カーボン又はセラミック等を用いることができる。また、これらの材料を積層する等して組み合わせても良い。赤外線吸収膜として金属又は金属化合物を用いる場合、チタン、クロム、ニクロム、窒化チタン、窒化バナジウムを用いることが好ましい。金属または金属化合物薄膜は、電気抵抗率や膜厚を適当に選ぶことで赤外線の吸収率を高めることができる。たとえばシート抵抗と呼ばれる単位面積当たりの抵抗値を、100Ω～1kΩ程度に選ぶと赤外線の吸収率を高めることができる。その他に金黒のような非常に赤外線の吸収率が高い材料を赤外線吸収膜としても良い。絶縁保護膜としては、SiO₂や窒化シリコン等が好ましい。尚、赤外線吸収膜309が単体で十分な機械的強度がある場合には、絶縁保護膜を省略しても良い。

【0030】

また、赤外線吸収部101は、赤外線の入射方向から順に、赤外線吸収膜、絶縁膜、赤外線反射膜を積層した構造であっても良い。その場合、赤外線反射膜としては、赤外線反射率の高いアルミニウム、チタン、またはその化合物、銅、金などを用いることが好ましい。また、赤外線吸収膜と赤外線反射膜の間に、両者の光学的距離を赤外線波長の1/4とするような共振空間を形成しても良い。

【0031】

本実施の形態では、赤外線吸収部101自身が温度センサ103と接している

場合について説明したが、赤外線吸収部 1 0 1 と温度センサ 1 0 3 は熱的に接触していれば良い。例えば、図 1 7 に示すように、赤外線吸収部 1 0 1 は熱伝導性材料から成る中間層 1 1 6 を介して温度センサ 1 0 3 と接触した構造でも良い。この場合、中間層 1 1 6 には、赤外線吸収部 1 0 1 で生じた熱を温度センサ 1 0 3 に円滑に伝達することができる程度の熱伝導性を有する材料であれば、どのような材料を用いても良い。

【 0 0 3 2 】

温度センサ 1 0 3 は、本実施の形態では、直列に連結した p n 接合ダイオードから成る。この p n 接合ダイオードの電気的特性の温度変化を、断熱支持脚 1 0 2 に含まれる配線 3 0 7 を通して信号として読み出すことができる。一般に、温度センサを構成する素子の電位障壁が大きくなるほど抵抗温度係数は増加し、赤外線検出器としての感度は増加するが、感度の増加とともに抵抗も増加して信号読みだし回路との整合性が得られなくなる。温度センサ 1 0 3 を直列に連結したダイオードによって構成し、その連結数を最適にすることにより、信号読みだし回路との整合性を得るとともに、赤外線検出器の感度を向上することができる。従来の熱型赤外線検出器では、赤外線フォーカルプレーンアレイの画素サイズシュリンクに伴って検出器サイズが小さくなると、必要なダイオードの連結数を得ることが困難であったが、本件発明によれば、検出器のほぼ全面に渡ってダイオードを形成できるため、必要な連結数を容易に確保することができる。

【 0 0 3 3 】

図 3 は、p n 接合ダイオードを使った温度センサ 1 0 3 の平面図を、図 4 は図 3 の A - A' 断面における断面図を示す。図 3 に示す例では、6 つの p n 接合ダイオード 3 0 1 (1) ~ 3 0 1 (6) (以下、総称してダイオード 3 0 1) を、片側 3 個ずつ、2 列に分けて配列している。各々の p n 接合ダイオード 3 0 1 は、7 つの配線電極 3 0 2 (1) ~ 3 0 2 (7) (以下、総称して配線電極 3 0 2) を使って直列に接続されている。4 番目の配線電極 3 0 2 (4) は、第 1 列目にある最後のダイオード 3 0 1 (3) と第 2 列目にある最初のダイオード 3 0 1 (4) を接続するため、矩形の検出器の中央を横断するクランク状となっている。第 1 番目の配線電極 3 0 2 (1) と最後の配線電極 3 0 2 (7) には、各々断

熱支持脚 1 0 2 と接続するためのコンタクト部 3 0 3 a および 3 0 3 b が形成されている。配線電極 3 0 2 は、TiN、Ti、Co、Pt、WSi、又はこれらの積層構造であることが好ましい。

【0034】

また、本実施の形態における p n 接合ダイオード 3 0 1 は、図 4 に示すように、p 型領域 3 0 5 と n 型領域 3 0 6 が同一平面内で横方向に接続したラテラル構造を有している。尚、図示はしていないが、安定した電気特性を得るため、配線電極 3 0 2 とダイオード 3 0 1 との接触領域は良好なオーミックコンタクトが形成される程度に高いドーパント濃度とすることが好ましい。また、本実施の形態では、p n 接合ダイオード 3 0 1 を、SOI 基板の単結晶シリコン薄膜中に形成することが好ましい。SOI 基板とは、単結晶シリコン基板の上に絶縁薄膜を介して単結晶シリコン薄膜を形成した基板を指す。通常の半導体プロセスでは、単結晶シリコン基板の上に形成するシリコン層は多結晶シリコンとなってしまう。多結晶シリコンは、結晶粒界がキャリアの捕獲準位となるため、 $1/f$ 雑音が発生し易い。SOI 基板の単結晶シリコン薄膜にダイオードを形成することにより、結晶粒界のないシリコンによってダイオードを構成できるため、さらに低雑音化することができる。

【0035】

図 5 は、断熱支持脚 1 0 2 を示す平面図である。図 5 に示すように、直列に連結したダイオード 3 0 1 は、その両端に接続した配線電極 3 0 2 上のコンタクト部 3 0 3 a 及び 3 0 3 b を介して、断熱支持脚 1 0 2 中の配線と接続している。即ち、連結したダイオード 3 0 1 からなる温度センサ 1 0 3 の全体は、コンタクト部 3 0 3 a 及び 3 0 3 b において断熱支持脚 1 0 2 によって吊り下げられている。また、温度センサ 1 0 3 のほぼ中央には支持柱 3 0 9 が接続され、支持柱 3 0 9 を介して赤外線吸収部 1 0 1（図示せず）が接続されている。

【0036】

断熱支持脚 1 0 2 は、温度センサ 1 0 3 の上方を幾度となく折り曲げることができるため、非常に高い熱抵抗を得ることができる。例えば、図 5 に示すように、2 本の断熱支持脚 1 0 2 は、各々、矩形の熱型赤外線検出器 1 0 の対角線上に

ある隅部を起点として、熱型赤外線検出器 1 0 の辺に平行な方向に折り返しを繰り返しながら延びており、熱型赤外線検出器 1 0 の辺中央部付近にある末端部で温度センサ 1 0 3 と接続している。尚、断熱支持脚 1 0 2 は、支持脚長を長くできる形状であれば良く、図 5 に示す形状以外にも、矩形の検出器の外周に沿った渦巻き状等、種々の形状とすることができる。

【 0 0 3 7 】

また、断熱支持脚 1 0 2 は、例えば、アルミニウム、チタン、タングステン等の金属配線の周囲を、 SiO_2 や SiN 等の絶縁薄膜で覆った構成とすることが好ましい。

【 0 0 3 8 】

次に、本実施の形態における熱型赤外線検出器の製造方法について説明する。図 6 (a) から (e) は、熱型赤外線検出器の製造方法を模式的に示す工程図である。尚、図 6 では、図面の簡単のため、温度センサ 1 0 3 、断熱支持脚 1 0 2 及び赤外線吸収部 1 0 1 の内部構造は省略している。まず、図 6 (a) に示すように、単結晶シリコン基板 1 0 5 上に温度センサ 1 0 3 を形成する。温度センサ 1 0 3 は、 pn 接合ダイオードを直列に連結したもので構成される。 pn 接合ダイオードは、後から行う犠牲層エッチングで侵されないように SiO_2 や SiN 等の絶縁材料で包まれている。

【 0 0 3 9 】

例えば、単結晶シリコン基板上に絶縁薄膜を介して単結晶シリコン薄膜が形成された SOI 基板を用いた場合、図 7 に示すようにして温度センサ 1 0 3 を形成しても良い。即ち、図 7 (a) に示すように、単結晶シリコン基板 1 0 5 の上に絶縁薄膜 7 0 2 を介して単結晶シリコン薄膜 7 0 4 が形成された SOI 基板 7 0 6 を準備し、図 7 (b) に示すように、 pn 接合ダイオードを形成する部分が残るように単結晶シリコン薄膜 7 0 4 をエッチング除去した後、 p 型又は n 型不純物をドーピングして p 型領域 7 0 4 a 及び n 型領域 7 0 4 b を形成する。次に、図 7 (c) に示すように、 p 型領域 7 0 4 a 及び n 型領域 7 0 4 b の各々に電極 7 0 8 を形成して pn 接合ダイオード 7 1 0 を構成する。そして、図 7 (d) に示すように、 pn 接合ダイオード 7 1 0 を SiO_2 や SiN 等の絶縁材料 7 1 2

で覆うことによって、温度センサ 1 0 3 を構成することができる。

【 0 0 4 0 】

また、この工程において、図 6 (a) に示すように、温度センサ 1 0 3 の上方に形成する断熱支持脚 1 0 2 を支持する柱となる支持脚保持部 1 0 2 b を温度センサ 1 0 3 の近傍に形成しておく。S O I 基板の場合、支持脚保持部 1 0 2 b は、S O I 基板の単結晶シリコン薄膜を除去して露出させた絶縁薄膜上、或いは単結晶シリコン薄膜を酸化して形成した絶縁膜層、又は単結晶シリコン薄膜と絶縁薄膜を除去して露出させた単結晶シリコン基板上に直接形成する。また、支持脚保持部 1 0 2 b は、 SiO_2 や SiN 等によって構成することができる。

【 0 0 4 1 】

また、図 6 (a) に示す工程において、温度センサから信号を読み出すための信号読出し回路を構成するトランジスタも同時に形成することが望ましい。S O I 基板の場合、信号読出し回路を構成するトランジスタのうち、少なくとも、温度センサに印加するバイアス電圧を決定するトランジスタか、温度センサの出力信号が通過しアナログ動作するトランジスタのいずれか一方を、S O I 基板の単結晶シリコン薄膜と絶縁薄膜を除去して露出させた単結晶シリコン基板上に形成することが好ましい。これにより、S O I 基板上に形成したトランジスタが持つ耐圧不足、キック現象といった問題を解消することができる。

【 0 0 4 2 】

次に、図 6 (b) に示すように、犠牲層 1 1 0 (= 第 1 の犠牲層) と断熱支持脚 1 0 2 を順次形成する。犠牲層 1 1 0 には、レジストやポリイミド等の有機材料、スパッタリングや C V D 法で形成したシリコン等が適しているが、温度センサ 1 0 3 や断熱支持脚 1 0 2 の最表面の構成部材、例えば SiO_2 に対してエッチング選択性のあるものならば何でも良い。犠牲層 1 1 0 は、温度センサ 1 0 3 を覆いながら、温度センサ 1 0 3 の周囲で単結晶シリコン基板 1 0 5 と接するように形成されている。ここで温度センサ 1 0 3 の周囲で犠牲層 1 1 0 と単結晶シリコン基板 1 0 5 が接している必要があるのは、後から行う犠牲層除去工程において温度センサ 1 0 3 の下方の基板 1 0 5 を除去して空洞を形成するためである。

【 0 0 4 3 】

犠牲層 1 1 0 の形成後、その一部を取り除いてホール 1 1 0 a を形成し、温度センサ 1 0 3 の 2 箇所のコネクタ部を露出させる。そして、犠牲層 1 1 0 の上に断熱支持脚 1 0 2 を形成する。断熱支持脚 1 0 2 も、薄膜の金属または金属化合物、半導体等で形成された配線の周りを SiO_2 のような絶縁材で覆った構成とする。断熱支持脚 1 0 2 内の配線は、犠牲層 1 1 0 に形成されたホール 1 1 0 a を介して温度センサ 1 0 3 のダイオードと電氣的に接触している。尚、断熱支持脚 1 0 2 は、犠牲層 1 1 0 に対してエッチング選択性があるなら、 SiO_2 のような絶縁材をなくし、配線のみで構成されてもよい。この場合は、検出器の構成部材が少なくなり、また、断熱支持脚の熱抵抗の向上によって検出器の感度が増加する、といった効果がある。

【 0 0 4 4 】

次に、図 6 (c) に示すように、断熱支持脚 1 0 2 を覆い、かつ、犠牲層 1 1 0 に接するように犠牲層 1 1 1 (=第 2 の犠牲層) を形成する。犠牲層 1 1 1 は、犠牲層 1 1 0 と同様の材料とすることができ、温度センサ 1 0 3 や断熱支持脚 1 0 2 の表面を構成する材料に対してエッチング選択性がある材料であれば、犠牲層 1 1 0 と異なる材料であっても良い。犠牲層 1 1 0 と犠牲層 1 1 1 を貫通し、温度センサ 1 0 3 に到達する貫通孔 1 1 1 a を形成する。

【 0 0 4 5 】

次に、図 6 (d) に示すように、犠牲層 1 1 1 の上に赤外線吸収部 1 0 1 を形成する。赤外線吸収部 1 0 1 は、例えば、金属または金属化合物薄膜から成る赤外線吸収膜の周囲を SiO_2 のような絶縁材で覆った構成とする。赤外線吸収部 1 0 1 の横には、犠牲層 1 1 1 を露出させるエッチング孔 1 1 4 が残るようにする。尚、図 1 7 に示すような構造を取る場合には、貫通孔 1 1 1 a 内に中間層 1 1 6 を形成した後に、赤外線吸収部 1 1 1 を形成する。中間層 1 1 6 の形成は、犠牲層 1 1 1 の形成前に、断熱支持脚 1 0 2 と同時に行っても良い。

【 0 0 4 6 】

次に、図 6 (e) に示すように、適当なエッチャントやエッチング反応ガスを使い、エッチング孔 1 1 4 を通じて、犠牲層 1 1 1、犠牲層 1 1 0 及び温度セン

サ 1 0 3 の下方にあるシリコン基板 1 0 5 をエッチングする。犠牲層 1 1 0 及び 1 1 1 に有機材料を使った場合には、犠牲層のエッチングに灰化处理（アッシング）を用いることができる。犠牲層 1 1 0 及び 1 1 1 にシリコンを用いた場合のエッチング、及びシリコン基板 1 0 5 のエッチングには、フッ化キセノン等のエッチングガスや、TMAH や KOH のようなエッチャントを利用することができる。このようにして、図 1 に示す構造の熱型赤外線検出器を製造することができる。

【 0 0 4 7 】

実施の形態 2

本実施の形態では、温度センサ 1 0 3 として垂直構造の p n 接合ダイオードを用いる。その他の点は、実施の形態 1 と同様である。

図 8 は垂直構造の p n 接合ダイオードを使った温度センサ 1 0 3 の平面図を、図 9 は図 8 の A - A' 断面における断面図を示す。実施の形態 1 と同様に、6 つの p n 接合ダイオード 3 0 1 (1) ~ 3 0 1 (6) （以下、総称してダイオード 3 0 1 ）を、片側 3 個ずつ、2 列に分けて配列している。各々の p n 接合ダイオード 3 0 1 は、7 つの配線電極 3 0 2 (1) ~ 3 0 2 (7) （以下、総称して配線電極 3 0 2 ）を使って直列に接続されている。4 番目の配線電極 3 0 2 (4) は、第 1 列目にある最後のダイオード 3 0 1 (3) と第 2 列目にある最初のダイオード 3 0 1 (4) を接続するため、矩形の検出器の中央を横断するクランク状となっている。第 1 番目の配線電極 3 0 2 (1) と最後の配線電極 3 0 2 (7) には、各々断熱支持脚 1 0 2 と接続するためのコンタクト部 3 0 3 a および 3 0 3 b が形成されている。

【 0 0 4 8 】

本実施の形態における p n 接合ダイオード 3 0 1 は、図 9 に示すように、p 型領域 3 0 5 と n 型領域 3 0 6 が基板に垂直方向に接合した垂直構造になっている。このような構造は、n 型シリコン層に p 型不純物を注入することで得られる。熱型赤外線検出器に用いられる温度センサ 1 0 3 は、熱容量が大き過ぎると赤外線に対する感度や応答速度が低下するため、できるだけ薄膜であることが望ましい。例えば、温度センサ 1 0 3 は、厚くとも 1 μ m 以下とすることが望ましい。

ところが、実施の形態1に示すようなラテラル構造のpn接合ダイオードを用いた場合、pn接合の面積が温度センサ103の厚さに依存するため、温度センサ103を薄膜化すると十分なpn接合面積を確保することが難しくなる。これに対し、本実施の形態のように垂直構造のpn接合ダイオードを用いれば、温度センサ103の厚さによらずpn接合の面積を確保できるため、高感度化、低雑音化に適している。尚、安定した電気特性を得るため、配線電極302と半導体層301との接触領域は、良好なオーミックコンタクトが形成される程度にドーパント濃度を高くすることが望ましい。

【0049】

実施の形態3

本実施の形態では、温度センサ103としてショットキーダイオードを用いる。その他の点は、実施の形態1又は2と同様である。

図10は、ショットキーダイオードを用いた温度センサの断面図を示す。図10の構造は、例えば、図9で説明したpn接合ダイオードにおいてp型領域305を形成しない場合（pn接合が無い場合）に相当する。図10に示す構造において、n型シリコン層801のドーパント濃度と配線電極302の材料を金属や金属シリサイドの中から適当に選ぶと、n型シリコン層801と配線電極302の界面にショットキーダイオードを形成することができる。図10のように、複数のn型シリコン層801を配線電極302で直列に連結した場合、各n型シリコン層801と配線電極302との間に2つの界面802及び803ができ、それぞれがショットキーダイオードとなる。入力側の界面803に形成されたショットキーダイオードが順バイアスとなり、出力側の界面802に形成されたショットキーダイオードが逆バイアスとなる。いずれのバイアス方向の場合にも、ショットキーダイオードの電流電圧特性が温度によって変化するため、温度センサとして利用することができる。尚、シリコン層801は、p型層であっても良い。

【0050】

温度センサとしてショットキーダイオードを用いる場合、pn接合型ダイオードと異なり、一方の導電型の半導体層を形成すれば良くなるため、温度センサの製造が簡便となる。また、ショットキー接合は、半導体層と配線電極の界面に形

成されるため、半導体層を薄膜化しても十分な接合面積を確保することができ、応答速度を低下させずに感度を向上できるという利点がある。また、配線電極302の種類や半導体層801のドーパント濃度を適当に選ぶことでショットキー接合の電位障壁高さを調整できるため、温度センサの電気特性を容易に調整できるといった利点もある。

【0051】

本実施の形態において、配線電極302にはTi、Co、Pt等の金属、又はこれらを含む多層膜が望ましい。尚、順バイアスと逆バイアスのいずれか一方のショットキーダイオードのみを利用する場合には、他方の半導体層－配線電極界面をオーミックコンタクトとしても良い。その場合、オーミックコンタクトとする界面近傍の半導体層は良好なオーミックコンタクトが形成される程度の高いドーパント濃度とする。

【0052】

実施の形態4

本実施の形態では、温度センサ103としてpn接合ダイオードとショットキーダイオードを組み合わせて用いる。その他の点は、実施の形態1から3と同様である。

図11は、本実施の形態における温度センサを示す回路図であり、図12は、その断面図である。図11及び図12に示すように、本実施の形態では、1つのpn接合ダイオード902と複数のショットキーダイオード901を直列の連結して温度センサとする。即ち、図12において、1番目の半導体層にp型領域903とn型領域904を形成してpn接合ダイオード902とし、2番目以降の半導体層を例えばn型領域としてショットキーダイオード901とする。このような構成にすることにより、熱型赤外線検出器を赤外線フォーカルプレーンアレイに応用した際に、検出器自身を読み出し制御用のスイッチとして良好に機能させることができる。

【0053】

即ち、ダイオードから成る温度センサを持つ熱型赤外線検出器を2次元に配列して赤外線フォーカルプレーンアレイを構成する場合、ダイオードが持つ整流性

を利用して、温度センサを構成するダイオード自身をスイッチとして機能させることができる。この場合、画素を構成する検出器内に、読み出し制御用のスイッチとしてトランジスタ等を形成する必要がなくなり、赤外線フォーカルプレーンアレイの構成を簡易にできるという利点がある。ところが、ショットキーダイオードには逆方向特性のリークがあるため、ショットキーダイオードを単独で温度センサに利用するとスイッチ特性が不十分となり易い。そこで、本実施の形態のように、ショットキーダイオードの連結中に p n 接合ダイオードを 1 個混在させれば良好なスイッチ特性が確保できる。このようにすれば、ショットキーダイオードの整流性を考慮する必要がなくなり、温度特性のみを考慮すれば良いため、プロセス自由度が拡大する。

【 0 0 5 4 】

実施の形態 5

本実施の形態では、実施の形態 1 とは異なるラテラル構造を持った p n 接合ダイオードを温度センサに用いる。その他の点は、実施の形態 1 と同様である。

図 1 3 は、本実施の形態における温度センサ 1 0 3 を示す平面図であり、図 1 4 は、図 1 3 の A - A' 断面における断面図である。本実施の形態では、一体の半導体層の内部に、6 つの p 型領域 1 1 0 2 と 6 つの n 型領域 1 1 0 3 が短冊状に交互に形成されており、p 型領域 1 1 0 2 と n 型領域 1 1 0 3 が接する界面に 6 つの順バイアス方向の p n 接合と 6 つの逆バイアス方向の p n 接合が形成されている。このような構成のうち順バイアス p n 接合の温度変化を利用する場合は、逆バイアスの p n 接合を配線でショートする必要がある。そこで、本実施の形態では、シリコンに埋め込んだ 7 つの配線電極 1 1 0 1 (1) ~ 1 1 0 1 (7) (以下、総称して配線電極 1 1 0 1) を、p n 接合ダイオードのオーミック電極兼ショート配線として利用する。即ち、2 番目から 6 番目の配線電極 1 1 0 1 (2) ~ 1 1 0 1 (6) は、逆バイアス方向となる p n 接合の部分に n 型領域 1 1 0 3 と p 型領域 1 1 0 2 に跨るように埋め込む。これにより、配線電極 1 1 0 1 (2) ~ 1 1 0 1 (6) を p n 接合ダイオードのオーミック電極兼ショート配線として機能させることができる。

【 0 0 5 5 】

配線電極 1 1 0 1 には、金属または金属シリサイドを用いることができる。金属または金属シリサイドとして、Ti、Co、Pt、及びこれらのシリサイドを用いることが望ましい。本実施の形態のようなラテラル構造を採用することにより、連結する p n 接合ダイオード同士の間隔をなくし、p n 接合ダイオードの連結数を増やすことができる。従って、ラテラル構造のダイオードであっても、p n 接合の合計面積を広く取ることができ、低雑音化を図ることができる。

【 0 0 5 6 】

実施の形態 6

実施の形態 1 では、温度センサ 1 0 3 の下方にある基板 1 0 5 をエッチング除去して空洞を形成する構造について説明したが、図 1 5 に示すように基板 1 0 5 をエッチングせずに、温度センサ 1 0 3 が断熱支持脚 1 0 2 によって基板 1 0 5 の上方に中空保持された構造としても構わない。図 1 5 に示す構造では、SOI 基板を用いることができないため、温度センサ 1 0 3 を形成するためのシリコン層を基板 1 0 5 上に新たに成長させる必要がある。例えば、スパッタリングや CVD（ケミカルベーパーデポジション）法などによってシリコン層を形成することができる。この場合のシリコン層は多結晶となるため、SOI 基板を用いた場合に比べて雑音が生じ易いが、高価な SOI 基板を使わないため製造コスト面で有利である。

【 0 0 5 7 】

図 1 5 に示す熱型赤外線検出器の製造方法について説明する。

図 1 6（a）から（e）は、図 1 5 に示す熱型赤外線検出器の製造方法を模式的に示す工程図である。尚、図 1 6 では、図面の簡単のため、温度センサ 1 0 3、断熱支持脚 1 0 2 及び赤外線吸収部 1 0 1 の内部構造は省略している。また、以下の製造方法において、特に説明を加えない部分については実施の形態 1 で説明した製造方法と同様である。

【 0 0 5 8 】

まず、図 1 6（a）に示すように、単結晶シリコン基板 1 0 5 のほぼ全面に SiO₂ や SiN 等の絶縁膜 1 0 8 を形成する。尚、絶縁膜 1 0 8 は、この後に形成する犠牲層がシリコンとの間に選択エッチングが可能な材料である場合には必

要ない。絶縁膜 1 0 8 上に犠牲層 1 0 9 (=第 1 の犠牲層) を介して温度センサ 1 0 3 を形成する。犠牲層 1 0 9 には、実施の形態 1 で説明した犠牲層 1 1 0 及び 1 1 1 と同様の材料を用いることができる。また、温度センサ 1 0 3 の上方に形成する断熱支持脚 1 0 2 を支持する柱となる支持脚保持部 1 0 2 b を温度センサ 1 0 3 の近傍に形成しておく。

【 0 0 5 9 】

次に、図 1 6 (b) に示すように、犠牲層 1 1 0 (=第 2 の犠牲層) と断熱支持脚 1 0 2 を順次形成する。犠牲層 1 1 0 は、温度センサ 1 0 3 を覆いながら、温度センサ 1 0 3 の周囲で犠牲層 1 0 9 と接するように形成されている。ここで温度センサ 1 0 3 の周囲で犠牲層 1 1 0 と犠牲層 1 0 9 が接している必要があるのは、後から行う犠牲層除去工程において温度センサ 1 0 3 の下方の犠牲層 1 0 9 を除去して空洞を形成するためである。

【 0 0 6 0 】

犠牲層 1 1 0 の形成後、その一部を取り除いてホール 1 1 0 a を形成し、温度センサ 1 0 3 の 2 箇所のコンタクト部を露出させる。そして、犠牲層 1 1 0 の上に断熱支持脚 1 0 2 を形成する。断熱支持脚 1 0 2 内の配線は、犠牲層 1 1 0 に形成されたホール 1 1 0 a を介して温度センサ 1 0 3 のダイオードと電氣的に接触している。

【 0 0 6 1 】

次に、図 1 6 (c) に示すように、断熱支持脚 1 0 2 を覆い、かつ、犠牲層 1 1 0 に接するように犠牲層 1 1 1 (=第 3 の犠牲層) を形成する。そして、犠牲層 1 1 0 と犠牲層 1 1 1 を貫通し、温度センサ 1 0 3 に到達する貫通孔 1 1 1 a を形成する。

【 0 0 6 2 】

次に、図 1 6 (d) に示すように、犠牲層 1 1 1 の上に赤外線吸収部 1 0 1 を形成する。赤外線吸収部 1 0 1 の横には、犠牲層 1 1 1 を露出させるエッチング孔 1 1 4 が残るようにする。尚、図 1 7 に示すような構造を取る場合には、貫通孔 1 1 1 a 内に中間層 1 1 6 を形成した後に、赤外線吸収部 1 1 1 を形成する。中間層 1 1 6 の形成は、犠牲層 1 1 1 の形成前に、断熱支持脚 1 0 2 と同時に行

っても良い。

【0063】

次に、図16(e)に示すように、適当なエッチャントやエッチング反応ガスを使い、エッチング孔114を通じて、犠牲層111、犠牲層110及び温度センサ103の下方にある犠牲層109をエッチングする。犠牲層109、110及び111に有機材料を使った場合には、犠牲層のエッチングに灰化处理（アッシング）を用いることができる。犠牲層109、110及び111にシリコンを用いた場合には、フッ化キセノン等のエッチングガスや、TMAHやKOHのようなエッチャントを利用することができる。犠牲層109、110、及び111は、同一の材料とすることができるが、温度センサ103や断熱支持脚102の表面を構成する材料に対してエッチング選択性がある材料であれば、互いに異なる材料であっても良い。このようにして、図15に示す構造の熱型赤外線検出器を製造することができる。この製造方法は、温度センサ103の下方にも犠牲層109があるため3層犠牲層の構造になるが、基本的な製造方法は実施の形態1の場合と同様である。

【0064】

また、これまではダイオードを温度センサに用いる例について説明したが、温度により電気特性が変化するもので有れば温度センサに用いることができ、バイポーラトランジスタ、接合電界効果トランジスタ、MOSトランジスタ、抵抗ボロメータ等を用いることができる。前述した1/f雑音と温度センサのサイズとの関連は、温度センサにダイオードを用いた場合だけでなく、あらゆる温度センサについて一般的に成り立つ。従って、本発明を用いれば、温度センサの面積を従来よりも広く確保することができるため、赤外線検出信号の低雑音化が可能となる。

【0065】

実施の形態7

本実施の形態では、本発明に係る熱型赤外線検出器を2次元に配列した赤外線フォーカルプレーンアレイの構成例について説明する。本件発明を赤外線フォーカルプレーンアレイに適用した場合には、各画素を形成する赤外線検出器一つ一

つが限られた面積で形成する必要があるため、フォーカルプレーンアレイの性能向上に非常に有効である。

【0066】

図18は、本発明の熱型赤外線検出器を使った赤外線フォーカルプレーンアレイを模式的に示す斜視図である。単結晶シリコンから成る半導体基板105上に、温度センサ103や赤外線吸収部101を備えた熱型赤外線検出器10がマトリックス状に配列されている。また、熱型赤外線検出器10の周囲には、単結晶シリコン基板105上に信号読出し回路（図示せず）が形成されている。

【0067】

図19は、本発明の熱型赤外線検出器を使った赤外線フォーカルプレーンアレイの回路構成を示す回路図である。尚、図面の簡単のため、熱型赤外線検出器の温度センサであるダイオードは単一のダイオード1901として表している。温度センサであるダイオード1901は、電流源1904によって順バイアスで定電流駆動される。一定電流下で順バイアスされたダイオード1901の両端に発生する電圧は温度依存性を持つため、温度センサとして利用できる。

【0068】

垂直走査回路（＝信号線選択回路）1902によって各画素のダイオード1901は行ごとに選択され、アクティブとなる。各画素にはダイオード1901以外にスイッチとなる能動素子が無いが、非選択状態ではダイオード1901が逆バイアスになるため、画素内にスイッチが無くても選択された行のアクティブな画素との干渉を防ぐことができる。

【0069】

ダイオード1901の両端に発生した電圧は、積分回路1905に入力される。積分回路1905において、各画素の信号は選択期間を最大として積分され、実効的に雑音帯域幅を制限し、低雑音化される。積分回路1905は増幅作用をもつこともできる。積分回路1905で積分された信号は、ホールド回路1906に蓄積され、水平走査回路（＝信号線選択回路）1903によって画素毎に順次読み出される。その信号はアンプ1907で増幅され、画素信号として出力される。

【 0 0 7 0 】

実施の形態 8

図 2 0 は、異なる回路構成を持った赤外線フォーカルプレーンアレイを示す回路図である。本実施の形態に係る赤外線フォーカルプレーンアレイは、以下に説明する点を除けば実施の形態 7 と同様である。

【 0 0 7 1 】

本実施の形態に係る赤外線フォーカルプレーンアレイでは、積分器 1 9 0 5 の前段に差動入力回路 1 9 0 8 が配置されている。差動入力回路 1 9 0 8 には、各画素を構成する温度センサ 1 9 0 1 からの信号と、画素とは別に配置した参照用温度センサ 1 9 1 0 からの信号が入力される。参照用温度センサ 1 9 1 0 は、画素を構成するダイオード 1 9 0 1 と同じように電流源 1 9 1 1 で駆動される。参照用温度センサ 1 9 1 0 は、温度変化による電気特性の変化が画素 1 9 0 1 とほぼ同一であり、入射赤外線に対してほとんど感度を持たない。即ち、参照用温度センサ 1 9 1 0 は、周辺環境の温度変化のみを検出する。従って、画素ダイオード 1 9 0 1 の両端電圧と参照用温度センサの信号の差分を取ることで、画素ダイオード 1 9 0 1 の信号から周辺環境の温度変化による変化分を除去することができる。

【 0 0 7 2 】

参照用温度センサ 1 9 1 0 が、入射赤外線に対して感度を持たないようにするには、参照用温度センサ 1 9 1 0 に断熱構造を設けないか、赤外線吸収構造を設けないようにすれば良い。尚、参照用温度センサ 1 9 1 0 は、必ずしも画素と同一の温度センサとする必要はなく、例えば画素の温度センサと同じ構成の温度センサを n 個並列に接続し（ n は自然数）、電流源 1 9 1 1 の電流値を電流源 1 9 0 4 の n 倍にしても同様の効果が得られる。この場合、参照用温度センサから差動入力回路 1 9 0 8 に入力される信号が平均化によって低雑音化されるため、その効果によってフォーカルプレーンアレイの S/N 特性が改善される。

【 0 0 7 3 】

また、参照用温度センサ 1 9 1 0 と差動入力回路 1 9 0 8 の間に、低雑音化のためのフィルタ回路 1 9 0 9 を通しても良い。この場合も差動入力回路 1 9 0 8

に入力する信号が低雑音化され、フォーカルプレーンアレイのS/N特性が改善される。

【 0 0 7 4 】

【発明の効果】

本件発明に係る熱型赤外線検出器は、以上説明したように構成されているため、開口率向上や断熱支持脚の熱抵抗増大による感度向上だけでなく、温度センサの広面積化による $1/f$ 雑音の抑制も可能になる。また、本発明を赤外線フォーカルプレーンアレイに適用すれば、多画素化や低コスト化のためにセンサの大きさが小さくなっても、高いS/N比を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 図 1 は、本発明の実施の形態 1 に係る熱型赤外線検出器を示す斜視図である。

【図 2】 図 2 は、本発明の実施の形態 1 に係る熱型赤外線検出器を示す断面図である。

【図 3】 図 3 は、本発明の実施の形態 1 に係る熱型赤外線検出器の温度センサを示す平面図である。

【図 4】 図 4 は、図 3 の A - A' 断面における断面図である。

【図 5】 図 5 は、本発明の実施の形態 1 に係る熱型赤外線検出器の温度センサと断熱支持脚を示す平面図である。

【図 6】 図 6 (a) ~ (e) は、本発明の実施の形態 1 に係る熱型赤外線検出器の製造方法を示す工程図である。

【図 7】 図 7 (a) ~ (d) は、本発明の実施の形態 1 において、SOI 基板に温度センサを形成する工程を示す工程図である。

【図 8】 図 8 は、本発明の実施の形態 2 に係る熱型赤外線検出器の温度センサを示す平面図である。

【図 9】 図 9 は、図 8 の A - A' 断面における断面図である。

【図 1 0】 図 1 0 は、本発明の実施の形態 3 に係る熱型赤外線検出器の温度センサを示す断面図である。

【図 1 1】 図 1 1 は、本発明の実施の形態 4 に係る熱型赤外線検出器の温

度センサを示す回路図である。

【図 1 2】 図 1 2 は、本発明の実施の形態 4 に係る熱型赤外線検出器の温度センサを示す断面図である。

【図 1 3】 図 1 3 は、本発明の実施の形態 5 に係る熱型赤外線検出器の温度センサを示す平面図である。

【図 1 4】 図 1 4 は、図 1 3 の A - A' 断面における断面図である。

【図 1 5】 図 1 5 は、本発明の実施の形態 6 に係る熱型赤外線検出器を示す断面図である。

【図 1 6】 図 1 6 (a) ~ (e) は、本発明の実施の形態 6 に係る熱型赤外線検出器の製造方法を示す工程図である。

【図 1 7】 図 1 7 は、本発明の別の実施形態に係る熱型赤外線検出器の製造方法を示す断面図である。

【図 1 8】 図 1 8 は、本発明の実施の形態 7 に係る赤外線フォーカルプレーンアレイを示す斜視図である。

【図 1 9】 図 1 9 は、本発明の実施の形態 7 に係る赤外線フォーカルプレーンアレイを示す回路図である。

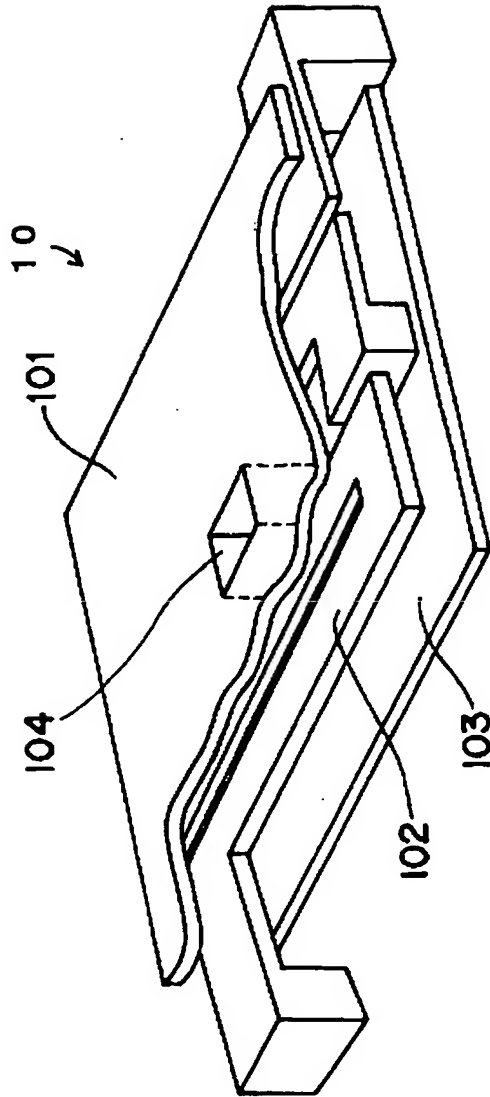
【図 2 0】 図 2 0 は、本発明の実施の形態 8 に係る赤外線フォーカルプレーンアレイを示す回路図である。

【符号の説明】

1 0 熱型赤外線検出器、 1 0 1 赤外線吸収部、 1 0 2 断熱支持脚、
1 0 3 温度センサ、 1 0 4 支持柱、 1 0 5 基板。

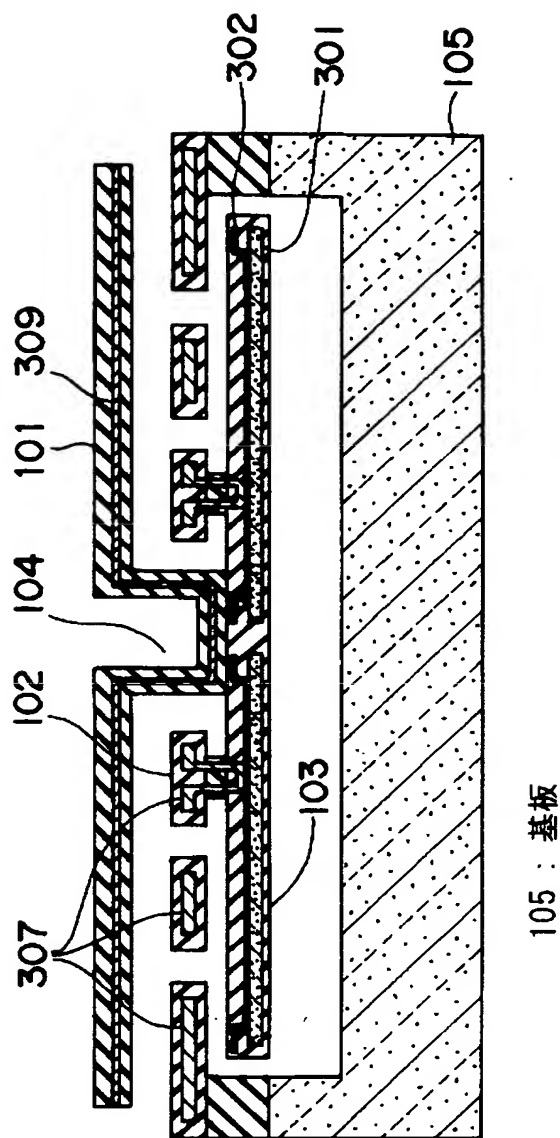
【書類名】 図面

【図 1】

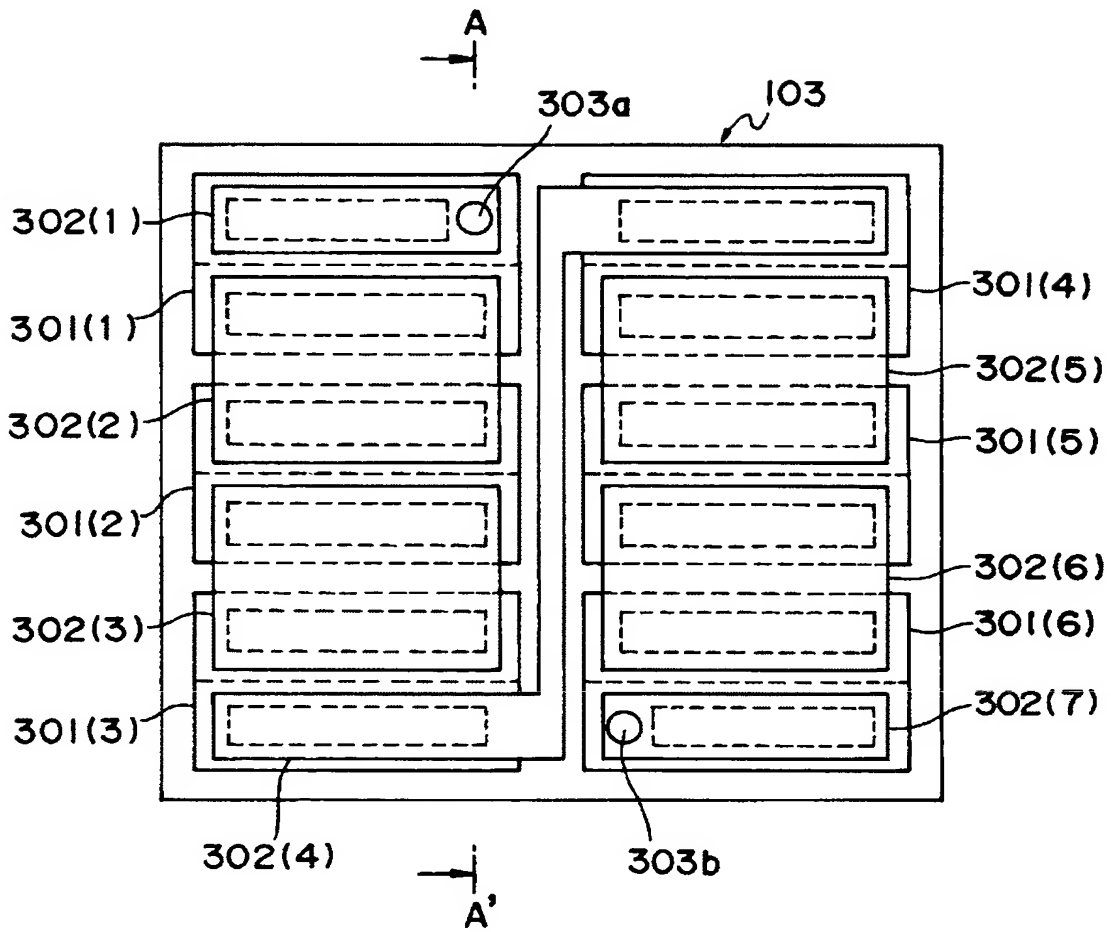


101 : 赤外吸収部 102 : 断熱用支持脚部
103 : 温度センサ部 104 : 支持柱

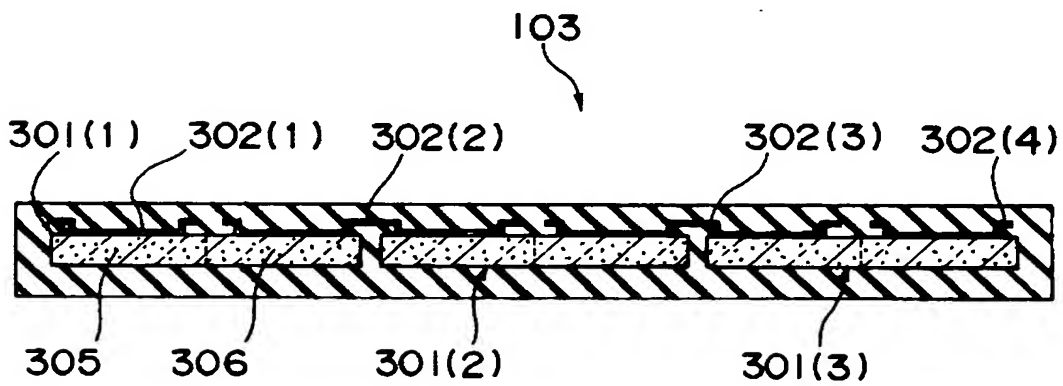
【图 2】



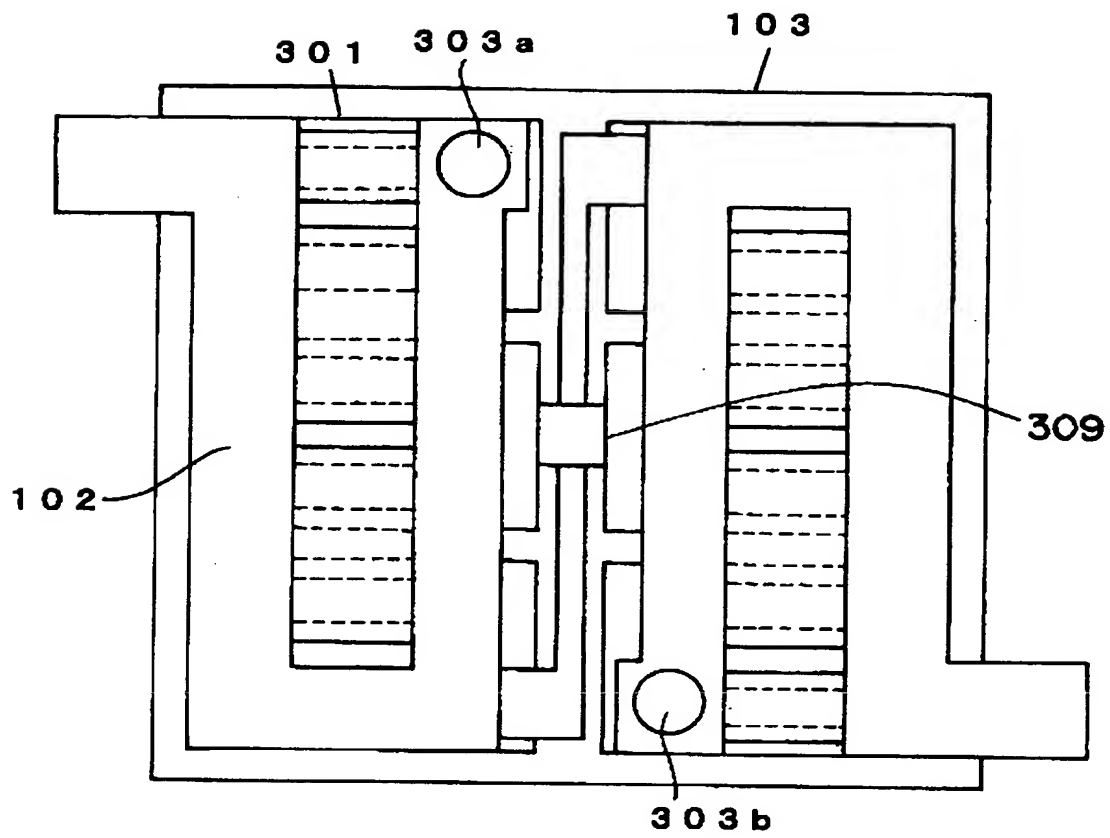
【図 3】



【図 4】

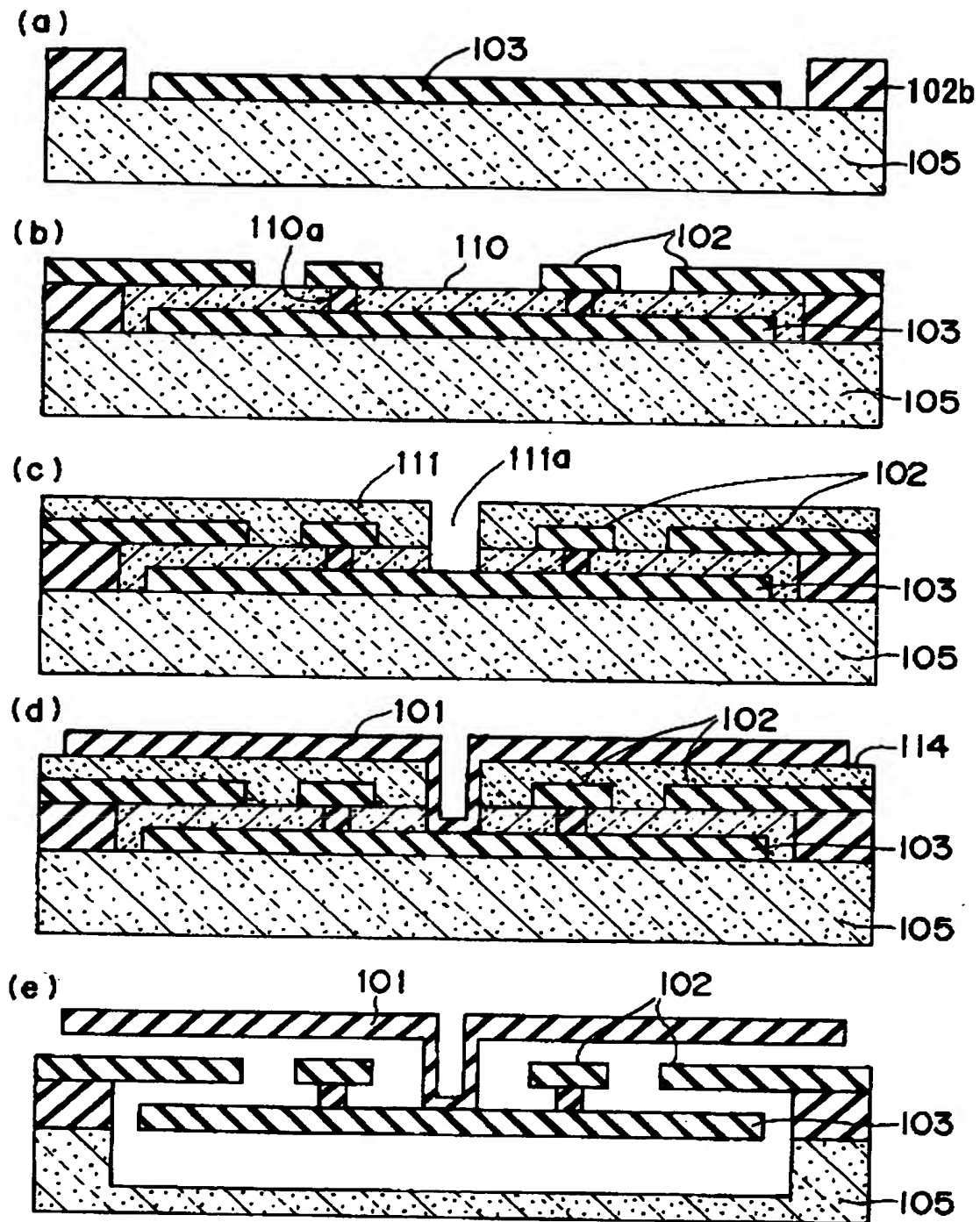


【図 5】

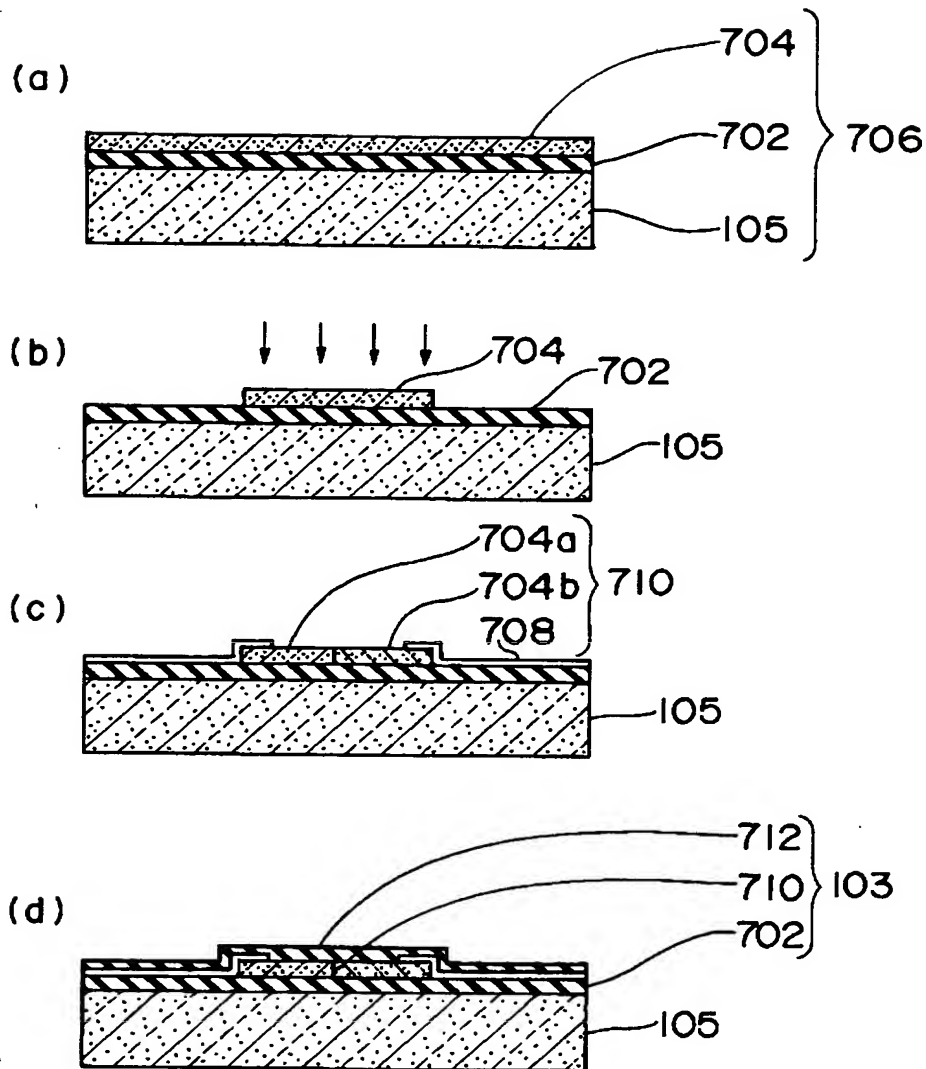


102 : 断熱用支持脚 (配線)
309 : 支持柱

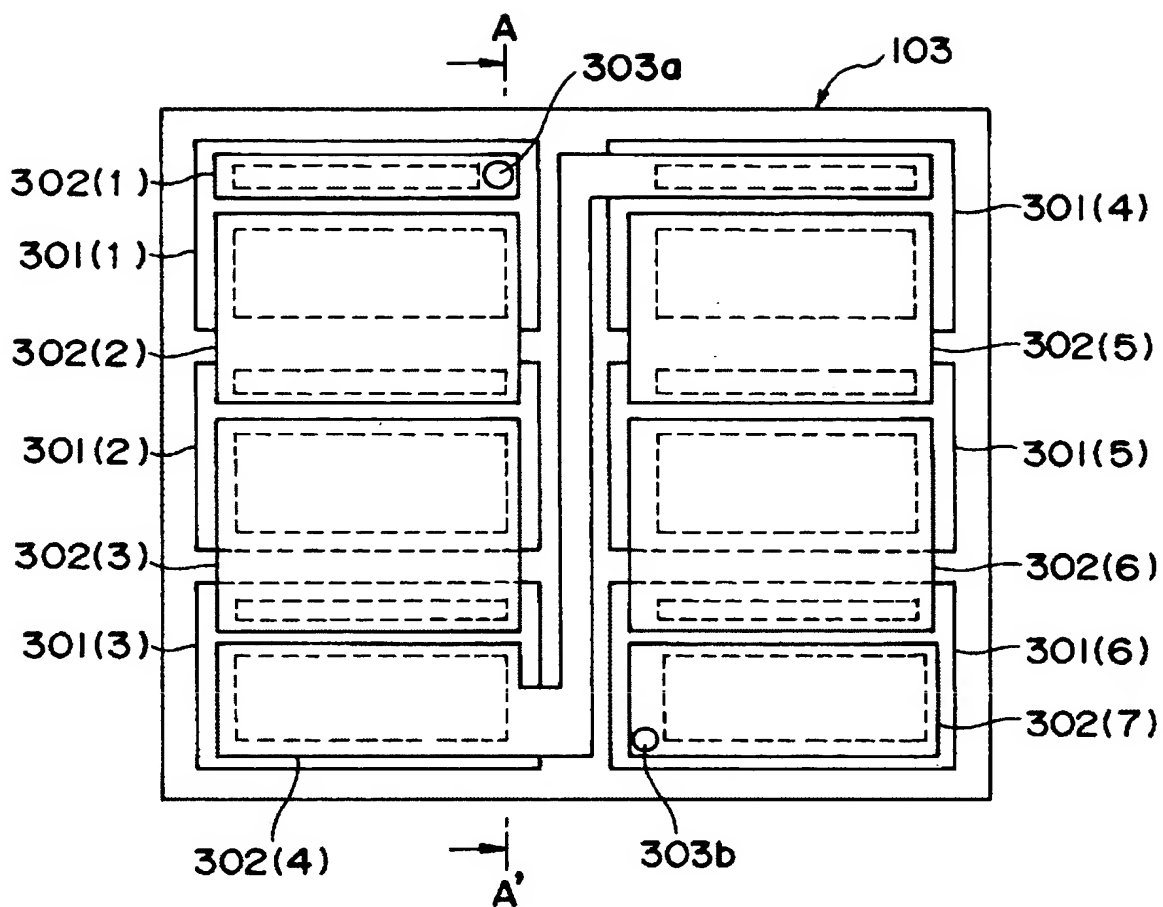
【図 6】



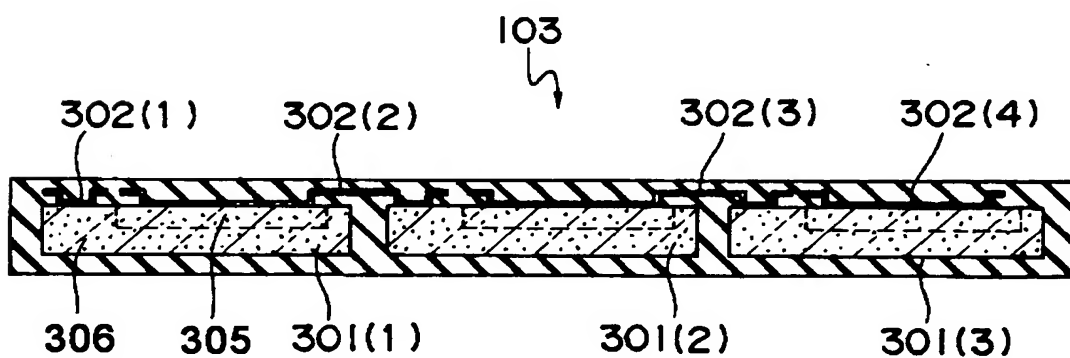
【図 7】



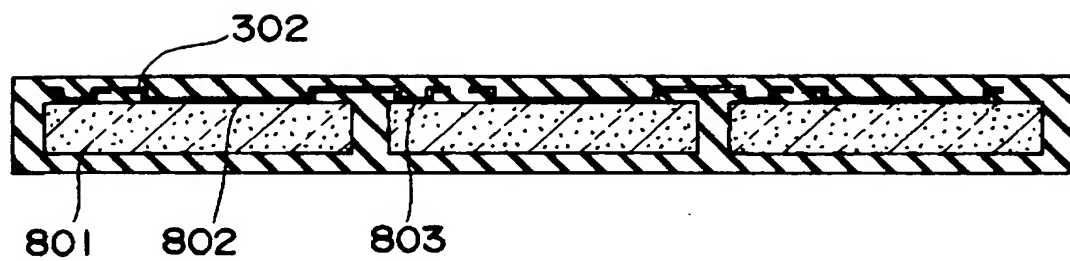
【図 8】



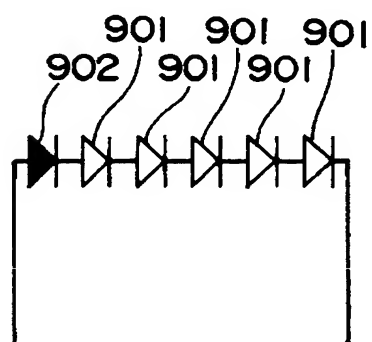
【図 9】



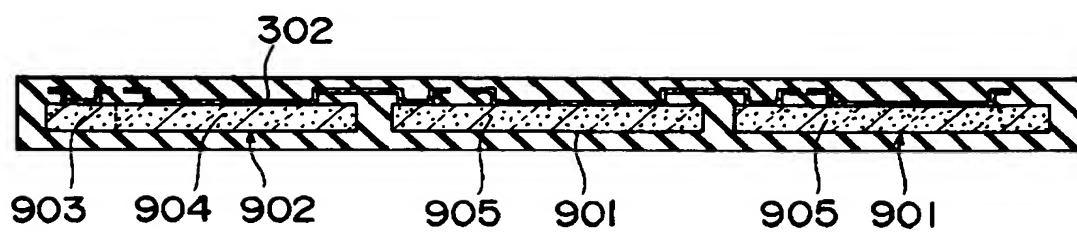
【図 1 0】



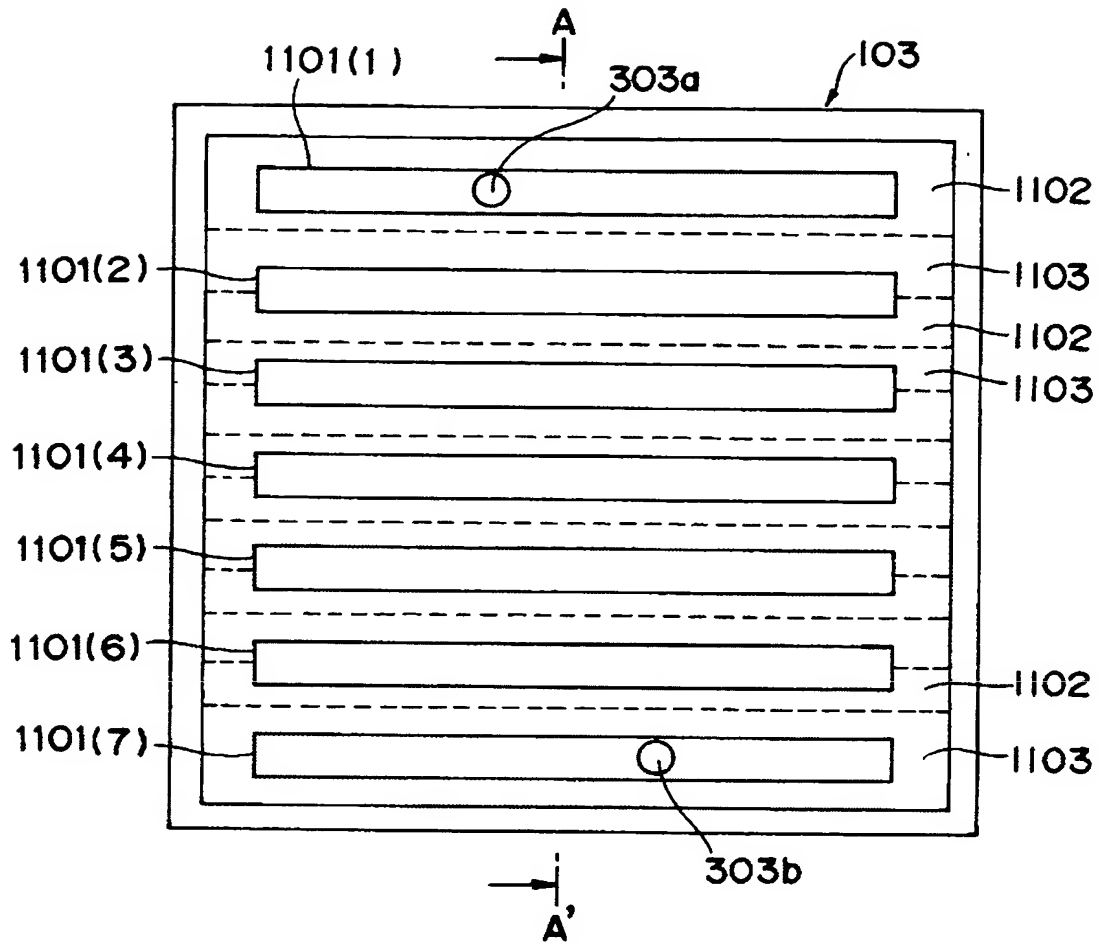
【図 1 1】



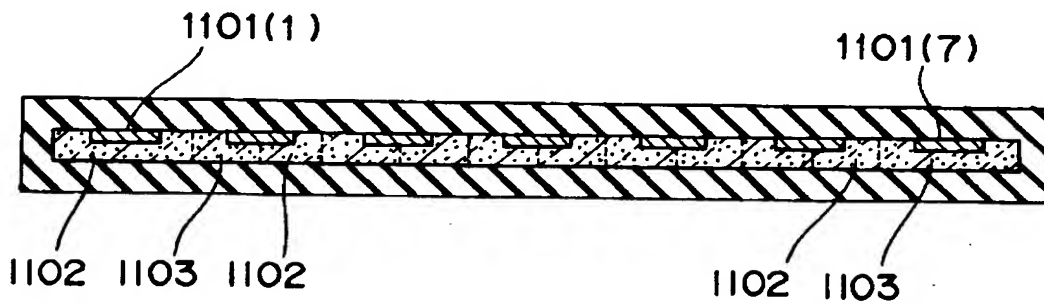
【図 1 2】



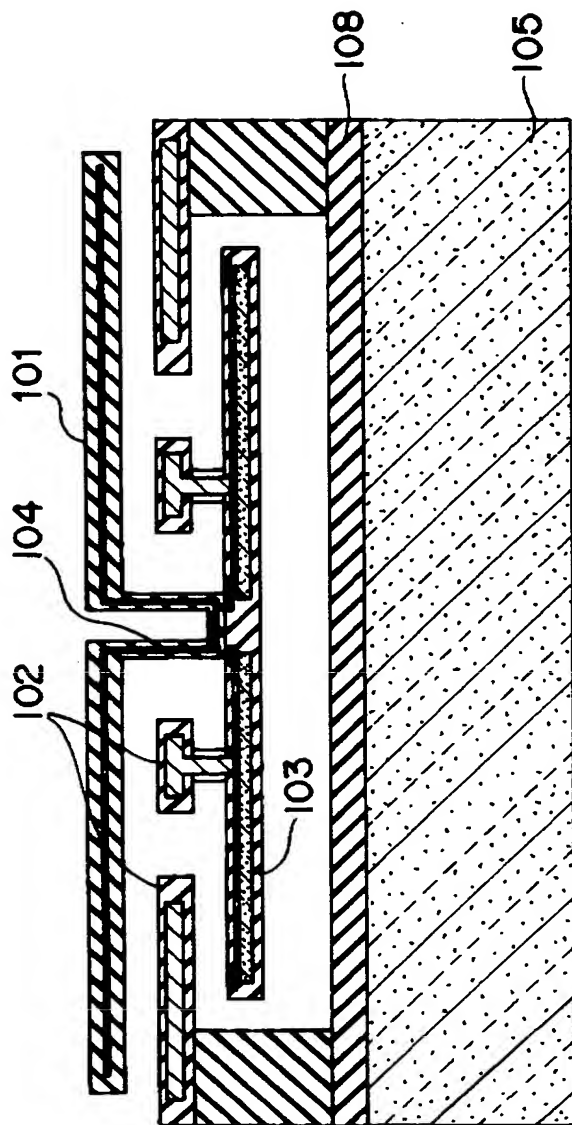
【図13】



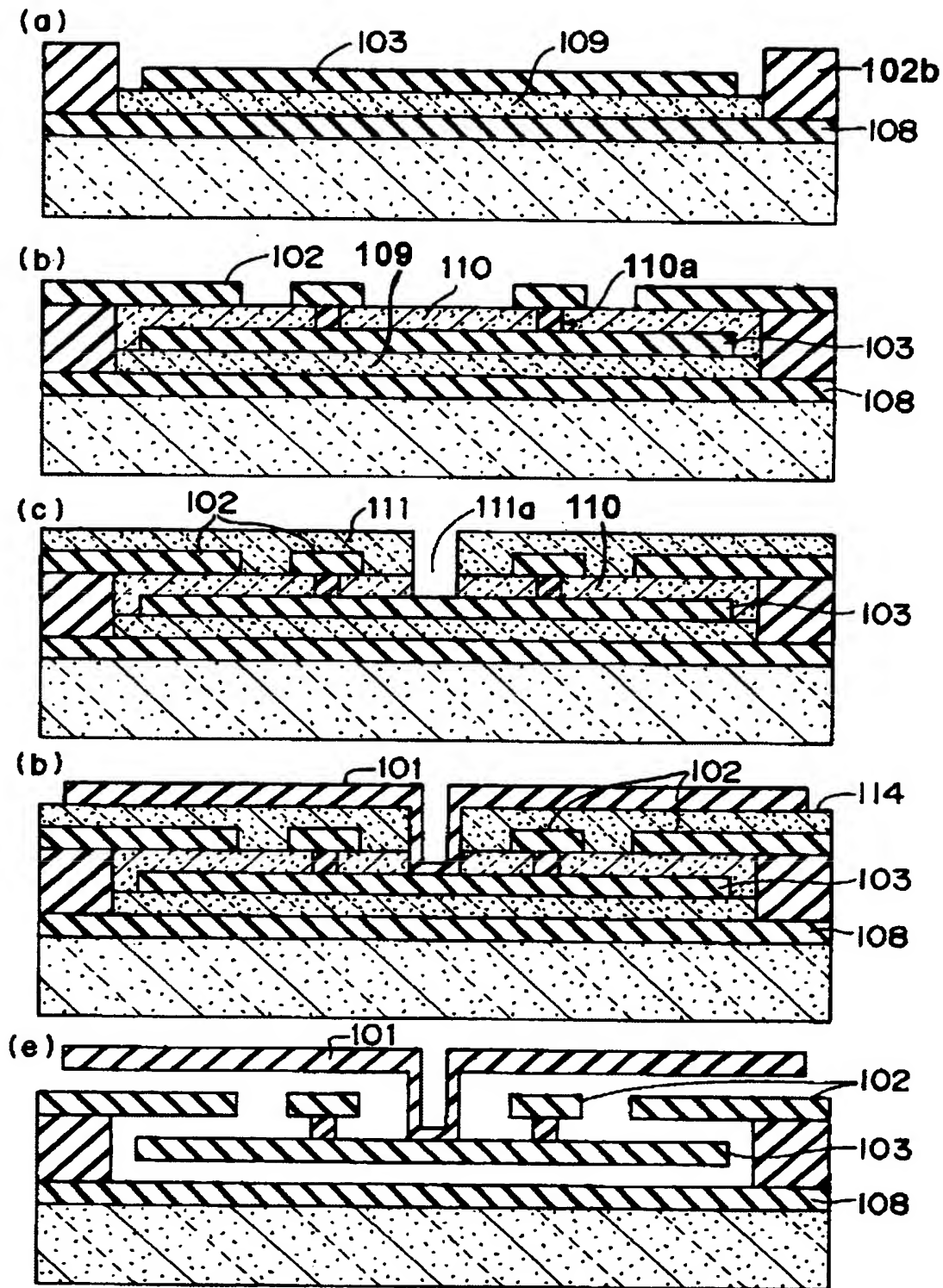
【図14】



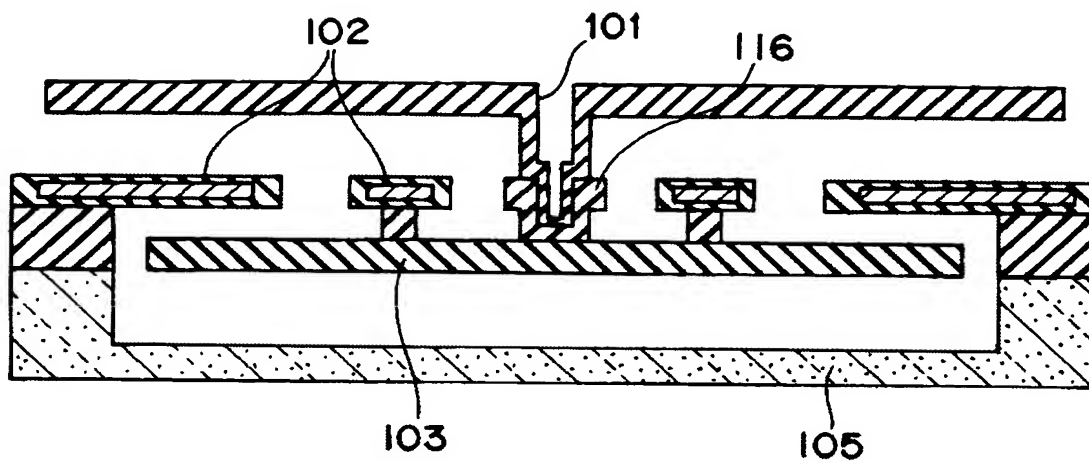
【図 15】



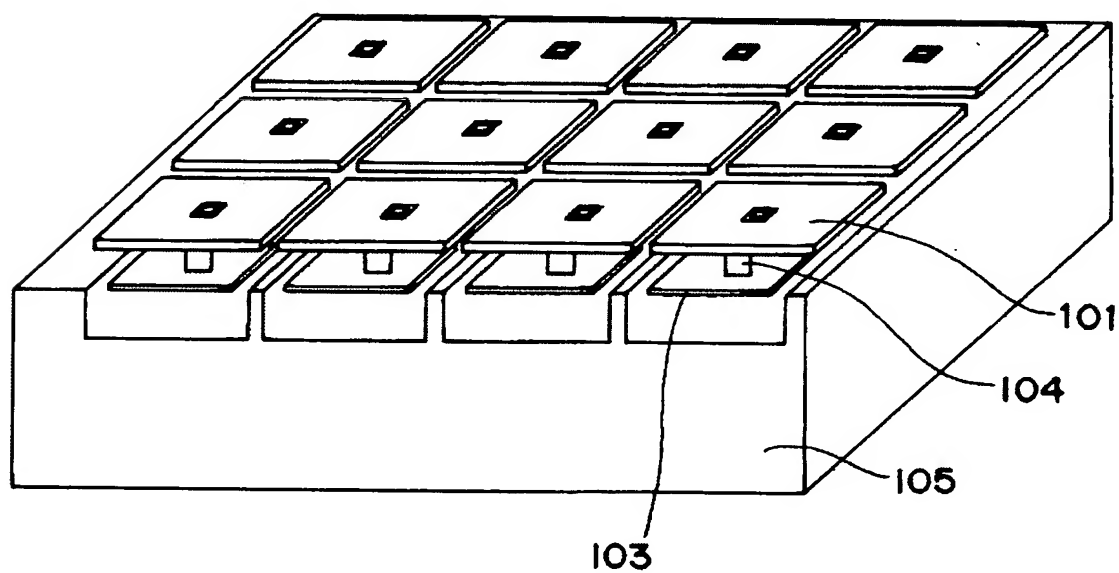
【図 16】



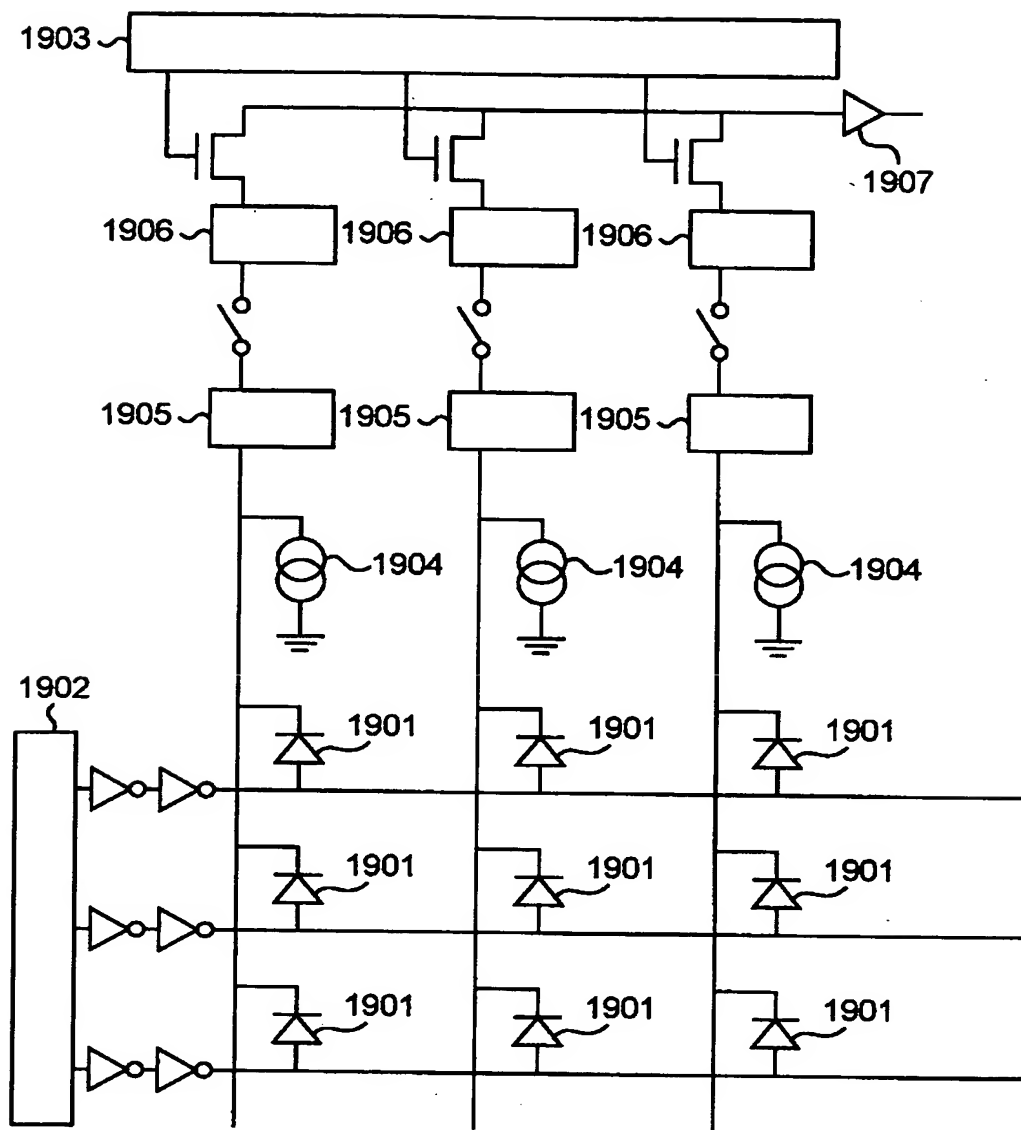
【図 17】



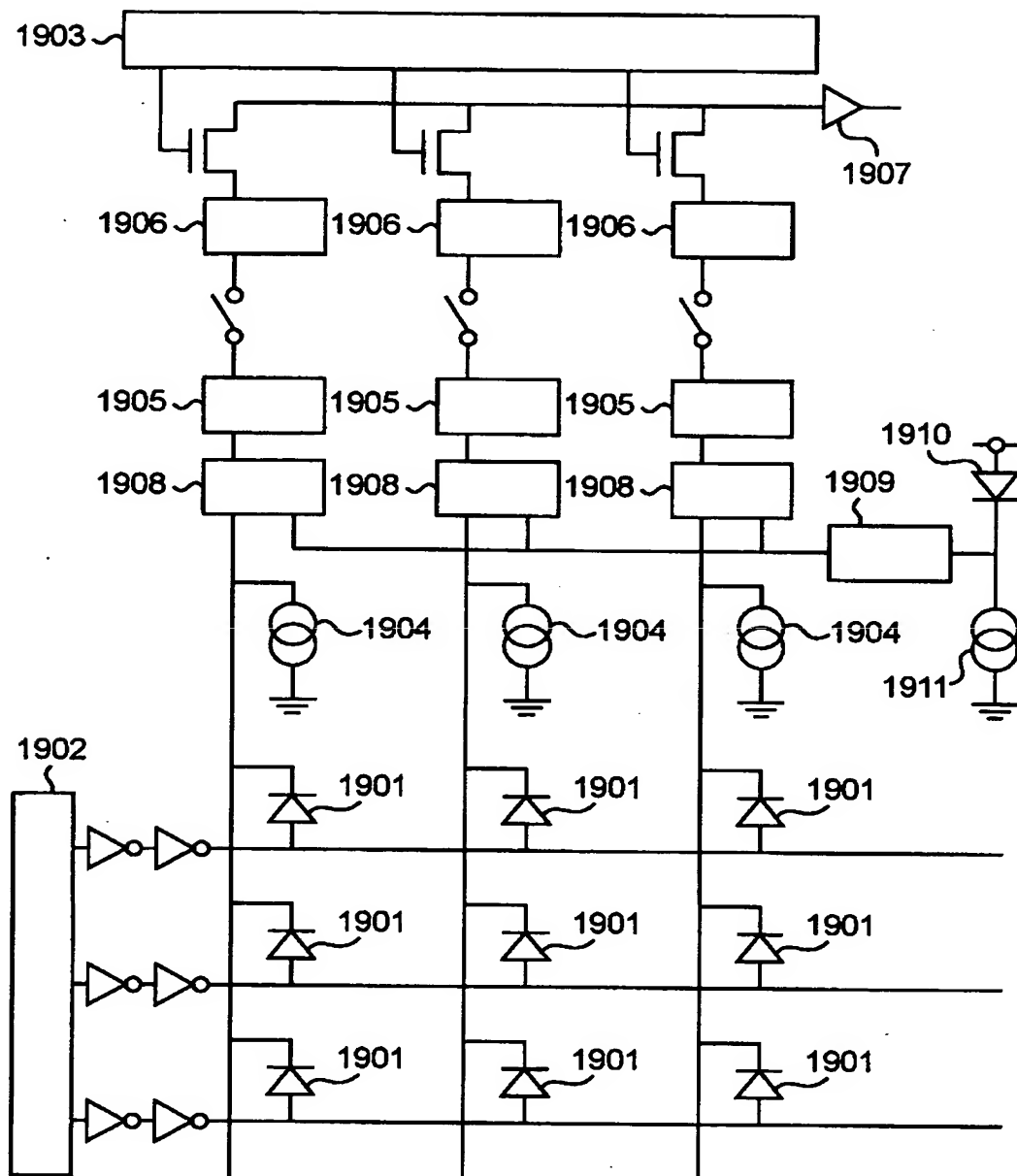
【図 18】



【図 19】



【図 2 0】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高感度かつ低雑音な新規な構造の熱型赤外線検出器を提供すること。

【解決手段】 基板 1 0 5 上に、赤外線吸収による温度変化に応じて電気特性が変化する温度センサ 1 0 3 と、温度センサ 1 0 3 を断熱的に支持すると共に温度センサ 1 0 3 から電気信号を読み出す配線となる断熱支持脚 1 0 2 と、温度センサ 1 0 3 に熱的に接触して形成された赤外線吸収層 1 0 1 を備える。温度センサ 1 0 3 と断熱支持脚 1 0 2 と赤外線吸収層 1 0 1 とが、互いに空間的に分離した異なる平面内に形成されている。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006013]

1. 変更年月日 1990年 8月24日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号
氏 名 三菱電機株式会社